

Optische Abbildungsvorrichtung mit wenigstens einer
Systemblende

Die Erfindung betrifft eine optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Halbleiterlithographie, mit wenigstens einer Systemblende, wobei die Systemblende eine Vielzahl von bewegbaren Lamellen aufweist.

Der Einsatz von verschiedenartigen Blenden als Systemblenden in optischen Abbildungsvorrichtungen ist allgemein bekannt. Die Strahlenbündelbegrenzung durch Blenden hat für die Realisierung der optischen Abbildung große Bedeutung. Durch Blenden kann der Durchmesser des Strahlenbündels beeinflusst bzw. variiert werden. Dadurch kann die optische Abbildungsqualität der optischen Abbildungsvorrichtung wesentlich beeinflusst und verbessert werden.

In optischen Systemen der Halbleiterlithographie werden bekanntermaßen Irisblenden mit einer ebenen Blendenebene eingesetzt. Es kann jedoch die Notwendigkeit bestehen, dass eine Begrenzung des Strahlengangs an unterschiedlichen Positionen entlang der optischen Achse für die unterschiedlichen Öffnungsweiten vorgesehen werden muss. Dies ist bereits durch existierende Blenden, wie nachfolgend aufgeführt, gelöst.

So ist beispielsweise aus der DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, bei der ab einer bestimmten Öffnungsweite ein weiteres ebenes Lamellenpaket den Strahlengang an einer zweiten Position begrenzt. Die Blende weist dabei wenigstens zwei mit einem axialen Abstand zueinander angeordnete Blenden auf. In

Abhängigkeit des Öffnungsdurchmessers der Systemblende ist jeweils eine andere Blende optisch aktiv.

Des weiteren ist aus DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, deren Lamellenpaket entlang der optischen Achse verschoben werden kann. Hierbei sind die Lamellen zwischen zwei rotatorisch relativ zueinander beweglichen Ringen angeordnet, wobei wenigstens einer der Ringe rotatorisch bewegbar ist. Dabei wird jeweils das Lamellenpaket parallel in axialer Richtung verschoben bzw. bewegt.

Weiterhin ist ebenfalls aus der DE 199 55 984 A1 eine Blende bekannt, deren Lamellen in einer kegelförmigen Weise angeordnet sind. Dadurch kann die optisch wirksame Kante der Blende auf beispielsweise einer Kegelmantelfläche oder auf einer Mantelfläche einer Kugelkalottenform verfahren werden. Die rotationssymmetrisch zu der optischen Achse der Systemblende angeordneten Lamellen bewegen sich somit in einer linearen oder halbkreisförmigen Abhängigkeit zwischen dem Öffnungsdurchmesser und der axialen Lage in dem Lichtweg der Abbildungsvorrichtung. Der Nachteil einer derartigen Anordnung besteht darin, dass der Kegelwinkel stark begrenzt ist, und somit der Strahlengang nicht der optimalen Form einer Sphäre folgt. Außerdem kommen erhebliche Reibungsprobleme, welche durch die Wölbung der elastischen Lamellen verursacht werden, hinzu.

In der WO 02/31870 ist ein Projektionssystem mit Aperturblenden offenbart, wobei die Aperturblenden in Nähe der Pupillenebene angeordnet sind. Wenigstens eine der Aperturblenden kann im Öffnungsdurchmesser verändert und in axialer Richtung

bewegt werden.

Ebenso ist aus den bisher bekannten Lösungen, wie auch aus der DE 199 55 984 A1, bekannt, dass derartige Blenden in Lithographieobjektiven Wälz- oder Gleitlager enthalten. Hierbei sind beispielsweise die Drehachsen der Lamellen gleit- oder wälzgelagert, und/oder das Antriebselement, welches die Lamellen bewegt, gleit- oder wälzgelagert, und/oder sind am Kraftantriebspunkt der Lamellen Gleit- oder Wälzlager vorhanden. Dabei stellt jedes dieser derartigen Lager innerhalb eines Lithographieobjektives ein Problem dar. Durch Gleit- oder Rollreibung können Partikel entstehen, die das Objektiv kontaminieren und somit die Abbildungsqualität sehr beeinträchtigen. Des weiteren kann eine Schmierung im Objektivinnenraum sehr problematisch werden, wobei aber ungeschmierte Lager ein hohes Risiko, was die Betriebssicherheit anbelangt, darstellen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Systemblende in einer optischen Abbildungsvorrichtung zur Begrenzung des Strahlengangs zu schaffen, die die Nachteile des Standes der Technik löst, welche in einem geringen Bauraum einsetzbar ist, und wobei nahezu keine Reibung der Lamellen auftritt, um so Kontaminationen auf optischen Flächen zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Systemblende einer optischen Abbildungsvorrichtung weist sphärisch gekrümmte Lamellen auf, welche

drehbar gelagert sind. Vorteilhafterweise sind die Drehlagerachsen der Lamellen auf den Krümmungsmittelpunkt einer Sphäre gerichtet, die wiederum auch die sphärische Krümmung bzw. Form der Lamellen bestimmt. Somit ist es möglich, dass die lichtbestimmende Kante der Systemblende entlang einer sphärisch ausgebildeten Ebene beim Öffnen und Schließen verfährt. Es kann nun dadurch eine Systemblende konstruiert werden, die bei unterschiedlichen Öffnungsweiten und unterschiedlichen Positionen entlang einer optischen Achse einer optischen Abbildungseinrichtung, beispielsweise einem Projektionsobjektiv, eine Kurve abfährt, die einer Sphäre entspricht und vom Bauraum her in die Kalotte einer Kugel hineintauchen bzw. hineinfahren kann. Somit kann bei Vorhandensein eines kleinen Bauraumes eine derartige erfindungsgemäße Systemblende in die hohle Fläche eines Spiegels, einer Linse oder eines sehr schmalen Zwischenraumes zwischen zwei Linsen eingebracht werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Lamellen auf zwei sphärischen Flächen, deren Krümmungsmittelpunkte identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind, wobei vorteilhafterweise die beiden sphärischen Flächen einen sehr geringen Abstand A zueinander aufweisen.

Die Systemblende weist Lamellen auf, deren Flächen nicht direkt aufeinanderliegen, wie bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Blenden, sondern sie werden auf zwei Sphären jeweils abwechselnd und in einem Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$ angeordnet. Durch ein berührungsloses Schließen und Öffnen der Lamellen untereinander kommt

es zu einem enormen Vorteil, es tritt nämlich keine Reibung zwischen zwei "aufeinanderliegenden" Lamellen auf, welche beispielsweise durch dadurch entstehende Partikel das Projektionsobjektiv kontaminieren kann. Des weiteren kommt es zu keinem Verschleiß der eingesetzten Lamellen in der Systemblende. Durch die Verwendung der einzeln gelagerten Lamellen eröffnet sich somit die Möglichkeit, diese beispielsweise aus Keramik, wie beispielsweise SISIC (reaktionsgebundenes siliciuminfiltriertes Siliciumcarbid), herzustellen. Dies hat wiederum sehr vorteilhafte Eigenschaften im Bezug auf die Systemblende. Die Lamellen können somit leicht und sehr steif hergestellt und ebenfalls in jeder beliebigen Form ausgeführt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist weiterhin vorgesehen, dass zur Verdrehung der Lamellen die Lamellen jeweils an der Drehlagerachse mittels Festkörpergelenke drehgelagert sind, wobei die Lamellen mittels eines Antriebsringes bewegbar sind, wobei der Antriebsring über Festkörpergelenke drehbar um eine optische Achse gelagert ist.

Rotatorisch zu bewegend Teile werden nicht durch Gleit- oder Wälzlager, wie aus dem Stand der Technik bekannt, gelagert, sondern erfindungsgemäß durch Festkörpergelenke. Mit Festkörpergelenken können kleine Verfahrswege durch elastische Verformung eines Federelementes realisiert werden. Daraus ergeben sich wesentliche Vorteile wie keine Gleit- und Rollreibung. Somit können sich keine Partikel so wie beim Einsatz von Gleit- oder Wälzlagern auf optischen Flächen von optischen Abbildungseinrichtungen absetzen und die Abbildungsgüte wesentlich verschlechtern. Des weiteren ist ein Vorteil, dass

Festkörpergelenke rechnerisch sehr genau erfasst werden können. Schmierstoffe, die evtl. auf die Oberflächen der optischen

Elemente gelangen und diese beschädigen können, sind nicht erforderlich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung einer erfindungsgemäßen Systemblende in einer Hohlfläche eines optischen Elementes;

Figur 2 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung und Ausführung einer Lamelle der erfindungsgemäßen Systemblende;

Figur 3 eine prinzipmäßige Darstellung einer Anordnung von mehreren Lamellen der Systemblende;

Figur 4 eine perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Systemblende, wobei die Lamellen über Festkörpergelenke gelagert sind;

Figur 5 eine prinzipmäßige Darstellung der Systemblende mit Darstellung eines Lamellenantriebes;

Figur 6 eine prinzipmäßige Darstellung einer Möglichkeit zur Ausrichtung von Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 7 eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Möglichkeit zur Ausrichtung von Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 8 eine prinzipmäßige Darstellung einer Möglichkeit zum Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen der Lamellen;

Figur 9 eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Möglichkeit zum Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen der Lamellen; und

Figur 10 eine prinzipmäßige Darstellung einer Alternativausführung der erfindungsgemäßen Systemblende.

Figur 1 zeigt wie in einer prinzipmäßig und nur ausschnittsweise dargestellten optischen Abbildungsvorrichtung PL, z.B. einem Objektiv für die Halbleiterlithographie, eine erfindungsgemäße Systemblende 1 (hier nur gestrichelt dargestellt) in eine Hohlfläche eines optischen Elements 2 eingebracht werden kann, um somit auf platzsparende Weise eine Begrenzung des Strahlenganges an unterschiedlichen Positionen entlang einer optischen Achse 3 für unterschiedliche Öffnungsweiten zu gewährleisten. Die optische Abbildungsvorrichtung PL ist als Objektiv für den Einsatz in der Halbleiterlithographie ausgebildet. Hierbei ist mit R_B der Radius der Systemblende 1 aufgezeigt, welcher beispielsweise bei vollständiger Schließung der Systemblende 1 vorliegt. R_E ist der Radius der Flä-

che des optischen Elementes 2, welche korrespondierend zur Fläche der Systemblende 1 ist.

In Figur 2 ist prinzipmäßig ein Ausschnitt der erfindungsgemäßen Systemblende 1 aufgezeigt, wobei hier nur eine Lamelle 4 im Querschnitt dargestellt ist. Die Lamelle 4 ist sphärisch in ihrer Krümmung ausgebildet. An der Lamelle 4 ist ein Lager 5 vorgesehen, welches als Drehlager ausgestaltet ist. Das Drehlager 5 weist eine Drehlagerachse 6 auf, welche sehr genau auf einen Krümmungsmittelpunkt C einer Sphäre 7 gerichtet ist, welche durch die Lamellenform der Lamelle 4 erzeugt wird. Durch die sphärische Ausgestaltung der Lamelle 4 und der Ausrichtung der Drehlagerachse 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C kann sich nun die Lamelle 4 in einer sphärischen Fläche bewegen. Der Krümmungsmittelpunkt C der Sphäre 7 entspricht somit dem Mittelpunkt der optimalen Blendenfläche.

In Figur 3 ist prinzipmäßig ein Ausschnitt der Systemblende 1 mit drei Lamellen 4 dargestellt. Eine einzelne Lamelle 4 ist jedoch noch nicht in der Lage den Strahlengang kreisförmig zu begrenzen. Dafür ist üblicherweise eine gewisse Anzahl von Lamellen 4 notwendig, die durch ihre lichtbestimmenden Kanten annähernd einen Kreis beschreiben. Vorzugsweise können hier acht bis zehn Lamellen 4 zur kreisförmigen Strahlengangbegrenzung eingesetzt werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, eine höhere oder eine geringere Anzahl zu verwenden. Bei den bereits aus dem Stand der Technik bekannten Lamellen ist zu erkennen, dass sich diese bei Benutzung der Blende vollständig überlappen. Dies muss selbstverständlich auch bei der erfindungsgemäßen Systemblende 1 gewährleistet werden.

Durch die Verwendung von einzeln gelagerten Lamellen 4, wobei nicht alle Lamellen 4 in einer Ebene gelagert sind, ist es möglich, diese aus einem Material mit hoher Steifigkeit, wie beispielsweise Keramik, vorzugsweise SISIC (reaktionsgebundenes siliciuminfiltriertes Siliciumcarbid), herzustellen. Dies hat insbesondere dahingehend Vorteile, dass die Lamellen 4 leicht und sehr steif sind und in jeder beliebigen Form hergestellt werden können. Durch die Steifigkeit der Lamellen 4 kann vorteilhafterweise ein Herunterhängen der Lamellen 4 durch Eigengewicht und folglich Berührung einzelner Lamellen 4 vermieden werden. Eine Überlappung der einzelnen Lamellen 4 ist somit nur möglich, wenn sich die Lamellen 4 in zwei sphärischen Flächen 7 und 7', welche hier gestrichelt dargestellt werden, mit einem sehr geringen Abstand A zueinander befinden. Hierbei sollte wieder darauf geachtet werden, dass die Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4 zum Krümmungsmittelpunkt C gerichtet sind und die Sphären 7 und 7' ebenfalls ihren Krümmungsmittelpunkt in C besitzen.

Um nun eine eindeutige Begrenzung des Strahlenganges zu erzeugen, sollten sich die Lamellen 4 synchron bewegen und die Rotationsachsen bzw. Drehlagerachsen 6 der Drehlager 5, wie bereits erwähnt, sehr genau auf den Krümmungsmittelpunkt C ausgerichtet sein. Der Abstand A zwischen den beiden Sphären 7 und 7' sollte so klein wie möglich gehalten werden, z.B. nur wenige mm, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, aber dennoch eine Berührungslosigkeit der Lamellen 4 beim Schließen und Öffnen der Systemblende 1 gewährleisten. Vorteilhafterweise kann dies dadurch bewerkstelligt werden, dass die Drehlager 5 mit ihren Drehlagerachsen 6 abwechselnd in Richtung des Krüm-

mungsmittelpunktes C und entgegengesetzt, wie deutlich in Figur 3 erkennbar, angeordnet werden.

In Figur 4 ist in perspektivischer Ansicht die erfindungsgemäße Systemblende 1 dargestellt. Die erfindungsgemäße Systemblende 1 gestattet es, durch Einsatz von Festkörpergelenken 8 eine Drehung bzw. Bewegung der Lamellen 4, und damit eine Verstellung der Blendenöffnung 9, ohne Einsatz von Wälz- bzw. Gleitlagern, zu ermöglichen.

In Figur 5 ist die Systemblende 1 aus Figur 4 näher dargestellt. Die Lamellen 4 sind an ihrer Drehlagerachse 6 mittels den Festkörpergelenken 8, welche in Figur 4 deutlicher erkennbar sind, drehgelagert. Hierfür können beispielsweise Kreuzfedergelenke als Festkörpergelenke 8 eingesetzt werden. Die Festkörpergelenke 8 sind rechnerisch sehr genau erfassbar. Liegt die Belastung der Festkörpergelenke 8 innerhalb der Dauerfestigkeit des Materials, ist das Ausfallrisiko von derartigen Festkörpergelenken 8 sehr gering. Für die Festkörpergelenke 8 können metallische Werkstoffe eingesetzt werden, wobei darauf geachtet werden sollte, dass die Werkstoffe UV-beständig sind. Ein Antriebsring oder auch Synchronisationsring 10 kann durch einen hermetisch abgedichteten, nach außen geführten Hebel wenige Grad um die optische Achse 3 in Pfeilrichtung gedreht werden. Der Antriebsring 10 selbst ist mittels radial steifen und in Drehrichtung weichen Festkörpergelenken 11 gelagert. Ein Antriebselement 12 ist monolithisch mit dem Antriebsring 10. An der Drehlagerachse 6 der Lamelle 4 ist das Antriebselement 12 mit der Lamelle 4 verbunden. Wird nun der Antriebsring 10 um die optische Achse 3 bewegt, dreht sich das Antriebselement 12 mit der Lamelle 4 um die

Lamellenachse bzw. Drehlagerachse 6. Die Festkörpergelenke 11 verformen sich elastisch, wobei dadurch das Antriebsmoment steigt.

Da der Antriebsring 10 monolithisch mit dem Antriebselement 12 ist und um die optische Achse 3 zur Schließung und Öffnung der Lamellen 4 gedreht werden muss, sind ebenfalls Festkörpergelenke 11' zwischen dem Antriebselement 12 und dem Antriebsring 10 vorgesehen. Das Festkörpergelenk 11' kann als einzelne Blattfeder ausgeführt werden. Selbstverständlich stellt dies keine Einschränkung auf eine Art von Festkörpergelenk dar. Der Antriebsring 10 sollte aus einem Material gebildet sein, welches eine hohe Wechsellastfestigkeit aufweist, damit das Ausfallrisiko sehr gering bleibt.

Eine Antriebseinheit 10' treibt den Antriebsring 10 in nicht näher dargestellter Weise an. Die Antriebseinheit 10' kann beispielsweise ein Kurvengetriebe, einen Exzenter, einen Linearmotor oder einen Piezomotor darstellen, wobei diese Nennung keine Einschränkung darstellen soll.

Die Antriebseinheit 10' ist zur Bewegung der Lamellen 4 außerhalb eines Gasraumes G angeordnet. Der Gasraum G kann mit verschiedenem Gas, wie beispielsweise Helium oder Stickstoff, gefüllt sein. Die Antriebseinheit 10' mit reibenden beweglichen Teilen ist auswechselbar, während das nichttreibende, nur über Festkörpergelenke 8, 11 und 11' gelagerte System im optischen Gasraum G angeordnet ist. Die Anordnung der Antriebseinheit 10' außerhalb des Gasraumes G ist dahingehend von Vorteil, dass sich somit keine Kontaminationssubstanzen auf den optischen Oberflächen absetzen können.

Eine derartige Lagerung der Lamellen 4 mit Festkörpergelenken 8, 11 und 11' kann selbstverständlich auch für Blendensysteme eingesetzt werden, welche in einer Ebene verfahren und sollte sich nicht nur auf eine Blende beschränken, deren lichtbestimmende Kante einer sphärischen Fläche folgt.

Eine Möglichkeit zur Ausrichtung der Drehlagerachsen 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C ist eine Aufhängung des Drehlagers 5 in einer Membrane 13, wie in Figur 6 im Querschnitt dargestellt. Die Aufhängung weist ein unteres und ein oberes Lagerelement 14 und 14' auf. Zwischen den Lagerelementen 14 und 14' befindet sich die Drehlagerachse 6. Das Membran 13 ist zwischen den Lagerelementen 14, 14' und der Lamelle 4 vorgesehen. Zur Ausrichtung der Drehlagerachse 6 auf den Krümmungsmittelpunkt C kann das untere Lagerelement 14 mit Hilfe von Justage-Schrauben 15 verstellt werden. Das Membran 13 wird somit als Kugelgelenk genutzt. Beispielsweise können zur Verstellung dreimal 120° angeordnete Justage-Schrauben 15 eingesetzt werden. Durch Verstellung der Justage-Schrauben 15 an dem unteren Lagerelement 14 kann somit die Drehlagerachse 6 genau auf den Krümmungsmittelpunkt C ausgerichtet werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Justage der Drehlagerachse 6 zum Krümmungsmittelpunkt C ist die Verwendung eines kinematischen Systems. Dies ist in Figur 7 schematisch dargestellt. Hierbei wird das Drehlager 5 mit seiner Drehlagerachse 6 an einem Festkörpergelenk 16 aufgehängt. Das Festkörpergelenk 16 kann als Viergelenk ausgebildet sein. Halteelemente 17 sind zur Halterung des Festkörpergelenks 16 am oberen Teil des Festkörpergelenkes 16 vorgesehen. Durch den vorteilhaften Einsatz

eines Viergelenkes können die Schwenkbewegungen des Drehlagers 5 dazu genutzt werden, um die Drehlagerachse 6 zu justieren. Eine derartige Kinematik ist besonders geeignet, wenn eine Richtung der Achse, im Ausführungsbeispiel die x-Achse, durch Fertigungstoleranzen an den Halteelementen 17 gelöst werden kann. Damit ist eine Bewegung in y-Richtung ausreichend. Eine weitere Alternative stellt die Kinematik dar, wenn die Kinematik bzw. das Drehlager 5 um die z-Achse drehbar gestaltet wird. Dies ist mit einer Klemmeinrichtung leicht möglich.

Die Figuren 8 und 9 zeigen schematisch dargestellt Messmethoden beim Ausrichten der Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4 auf den Krümmungsmittelpunkt C. Eine erste Möglichkeit ist durch ein taktilen Messverfahren gegeben, wie in Figur 8 dargestellt ist. Hierbei ist es wichtig, dass die sphärisch ausgebildete Lamelle 4 sehr genau hergestellt wird. Somit kann die Sphäre beispielsweise mit 2 Militrontastern 18 ausmessen werden. Dabei kann der genaue Radius der sphärischen Fläche der Lamelle 4 bestimmt werden. Bei noch dazu richtiger Anordnung der Lamelle 4 im Raum kann somit der Krümmungsmittelpunkt C direkt ermittelt werden. Weiterhin kann anhand dieser Sphäre ein Werkzeug zu einer Referenzebene und zu einer Drehachse ausgerichtet werden. Das Werkzeug besitzt ebenfalls wie die Lamelle 4 eine Kugelform. Die Lamellen 4 werden gegen diese vorgefertigte Form gesetzt und angesaugt oder über andere Befestigungsmethoden gehalten. Danach wird die vorgefertigte Form zu der Referenzebene und zu der Drehlagerachse 6 ausgerichtet. Nach dem Ausrichten können somit die Lamellen 4 anhand des Werkzeuges bzw. der vorgefertigten Form ausgemessen und am richtigen Ort positioniert werden. Der Vorteil der

taktilen Messung ist, dass es mit einem mechanischen Werkzeug leicht umgesetzt werden kann, und dass das mechanische Werkzeug wiederverwendbar ist. Weiterhin ist es im Vergleich zu anderen Messverfahren relativ preiswert.

Figur 9 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines optischen Messverfahrens zum Ausrichten der Drehlagerachsen 6 der Lamellen 4. Hierbei wird die Lamelle 4 ebenfalls von einer vorgefertigten Form oder Einrichtung gehalten, so dass die Lamelle 4 kippbar bzw. bewegbar ist. Um hier den Krümmungsmittelpunkt C direkt messen zu können, wird in die Lamelle 4 bzw. in das Lager 5 eine kleine Aussparung H in Ausführung eines Loches eingebracht. Mit Hilfe eines Laserstrahles 19, welcher durch die kleine Aussparung H durchtritt, kann auf einem Schirm 20 ein Punkt abgebildet werden. Um den Krümmungsmittelpunkt C zu definieren, ist es notwendig, dass durch alle Lamellen 4 bzw. Drehlager 5 ein Laserstrahl 19 durchtreten muss, um auf dem Schirm 20 Abbildungspunkte zu erhalten. Die Abbildungspunkte sollten möglichst eine kleine Punktwolke ergeben, welche nahe des Krümmungsmittelpunktes C liegt. Bilden alle Abbildungspunkte eine derartige kleine Punktwolke, so ist der Krümmungsmittelpunkt C über das optische Messverfahren ermittelt. Das optische Messverfahren ist gegenüber dem taktilen Messverfahren wesentlich genauer.

Die steifen, vergleichsweise dicken Lamellen 4, welche einzeln gelagert und so im Raum fixiert sind, können auch durch extrem dünne Lamellen 4' ersetzt werden, wie dies in Figur 10 prinzipmäßig dargestellt ist. Hierbei ist es jedoch wichtig, dass die Lamellen 4' geschichtet werden. Bei dieser erfindungsgemäßen Möglichkeit der Ausgestaltung einer Systemblende

1' sind die Lamellen 4' ebenfalls sphärisch in ihrer Krümmung ausgebildet, wobei auch hier wieder Drehlagerachsen 6' von Drehlagern 5' auf den Krümmungsmittelpunkt C der Sphäre ausgerichtet sein müssen. Zur Führung der Lamellen 4' kann ein aus dem Stand der Technik bekanntes Blendensystem vorgesehen sein, welches einen inneren Ring mit einer feststehenden Achse, einen Außenring mit einem Nutenring und Stifte aufweist. Zur Führung der Lamellen 4' ist sowohl der fest stehende Ring als auch der bewegte Nutenring mit einer kugelförmigen Oberfläche versehen. Der Vorteil dieser Ausführung der Systemblende 1' besteht darin, dass eine genauere lichtbestimmende Kante vorhanden ist.

Bei beiden Varianten bzw. Möglichkeiten der Ausführung der Systemblenden 1 und 1' ist eine sehr genaue Einhaltung der Kugelfläche der Lamellen 4 und 4' notwendig. Insbesondere bei der geschichteten Variante nach Figur 10 mit den dünnen Lamellen 4' ist sonst mit nicht tolerierbaren Reibeffekten zu rechnen. Zur Herstellung derartiger Lamellen 4 und 4' eignet sich besonders das Verfahren „Galvanisches Abscheiden“ auf einem Formkörper.

Patentansprüche:

1. Optische Abbildungsvorrichtung, insbesondere Objektiv für die Halbleiterlithographie, mit wenigstens einer Systemblende, wobei die Systemblende (1) eine Vielzahl von bewegbaren Lamellen (4,4') aufweist, welche drehbar gelagert sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4,4') eine sphärische Krümmung aufweisen.
2. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf einen Krümmungsmittelpunkt (C) einer Kugel (7) ausgerichtet sind, und wobei die Kugel (7) eine Fläche bestimmt, auf welcher die Lamellen (4,4') gegeneinander bewegbar sind.
3. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) auf zwei sphärischen Flächen (7,7'), deren Krümmungsmittelpunkte (C) identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind.
4. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden sphärischen Flächen (7,7') einen Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, zueinander aufweisen.
5. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) eine hohe Steifigkeit aufweisen.

6. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Verdrehung der Lamellen (4) die Lamellen (4) jeweils an der Drehlagerachse (6) mittels Festkörpergelenke (8) drehgelagert sind.
7. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4) mittels eines Antriebsringes (10) bewegbar sind, wobei der Antriebsring (10) über Festkörpergelenke (11,11') drehbar um eine optische Achse (3) gelagert ist.
8. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Festkörpergelenke (11,11') als radial steife und in Drehrichtung weiche Festkörpergelenke (11,11') ausgebildet sind.
9. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) jeweils mit einer Lamelle (4) über ein Antriebselement (12) verbunden ist.
10. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebselement (12) mit dem Antriebsring (10) über ein Festkörpergelenk (11') verbunden ist.
11. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) mit dem Antriebselement (12) monolithisch ist.

12. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7, 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsring (10) aus einem Material gebildet ist, welches eine hohe Wechsellastfestigkeit aufweist.
13. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebseinheit (10') zur Bewegung der Lamellen (4,4') außerhalb eines Gasraumes (G) angeordnet ist.
14. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass Drehlager (5,5') mit den Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') jeweils in einer Membrane (13) aufgehängt sind, wobei die Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf den Krümmungsmittelpunkt (C) ausrichtbar sind.
15. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausrichtung der Drehlagerachsen (6,6') Stellglieder (15) vorgesehen sind.
16. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehlager (5,5') mit den Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') jeweils an einem Festkörpergelenk (16) aufgehängt sind, wobei die Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf den Krümmungsmittelpunkt (C) ausrichtbar sind.
17. Optische Abbildungsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Festkörpergelenk (16) als Viergelenk ausgebildet ist.

18. Optische Abbildungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 14, oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass für das Messen beim Ausrichten der Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') taktile oder optische Messverfahren vorgesehen sind.
19. Blende mit einer Vielzahl von bewegbaren Lamellen, wobei die Lamellen (4,4') eine sphärische Krümmung aufweisen und drehbar gelagert sind, wobei Drehlagerachsen (6,6') der Lamellen (4,4') auf einen Krümmungsmittelpunkt (C) einer Kugel (7) ausgerichtet sind, und wobei die Kugel (7) eine Fläche bestimmt, auf welcher die Lamellen (4,4') gegeneinander bewegbar sind.
20. Blende nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Lamellen (4,4') auf zwei sphärischen Flächen (7,7') deren Krümmungsmittelpunkte (C) identisch sind, überlappend bewegbar angeordnet sind.
21. Blende nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden sphärischen Flächen (7,7') einen Abstand A von wenigen Millimetern, vorzugsweise $A < 1 \text{ mm}$, zueinander aufweisen.

1/5

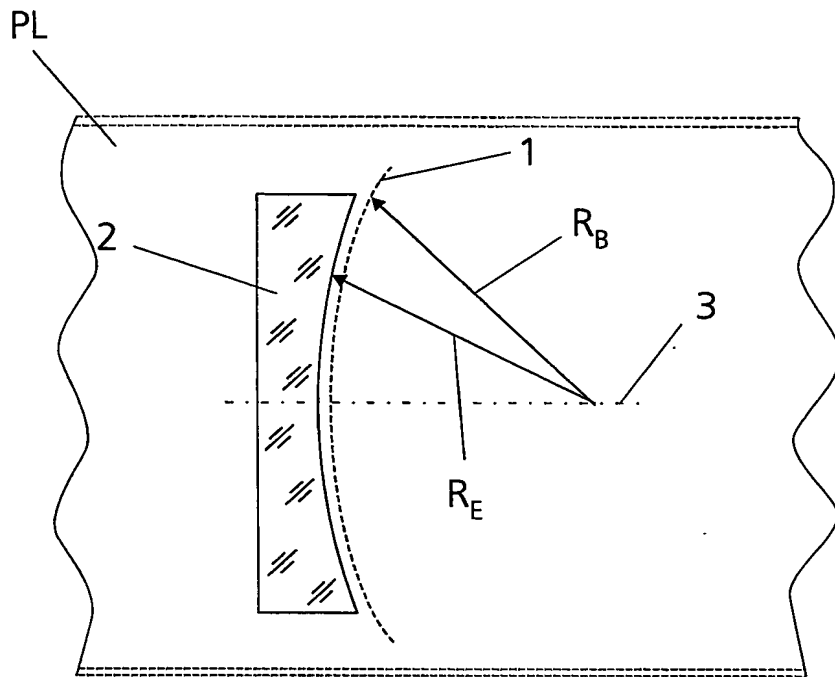


Fig. 1

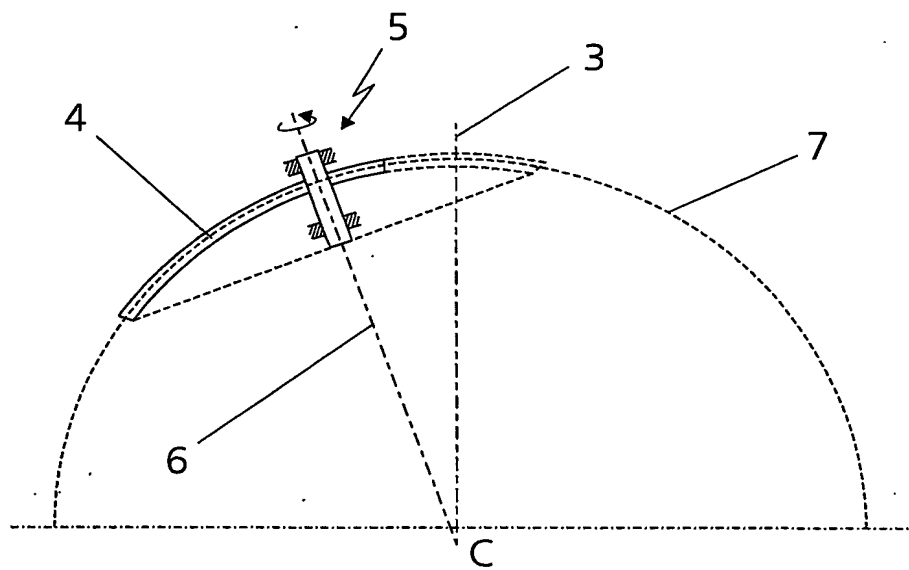


Fig. 2

2/5

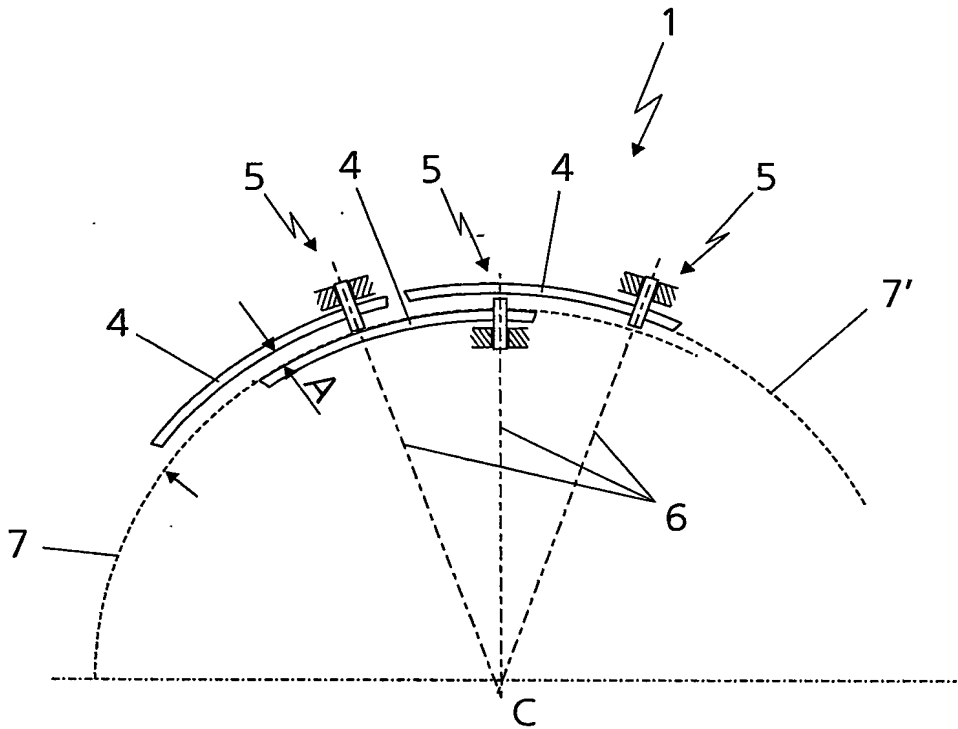


Fig. 3

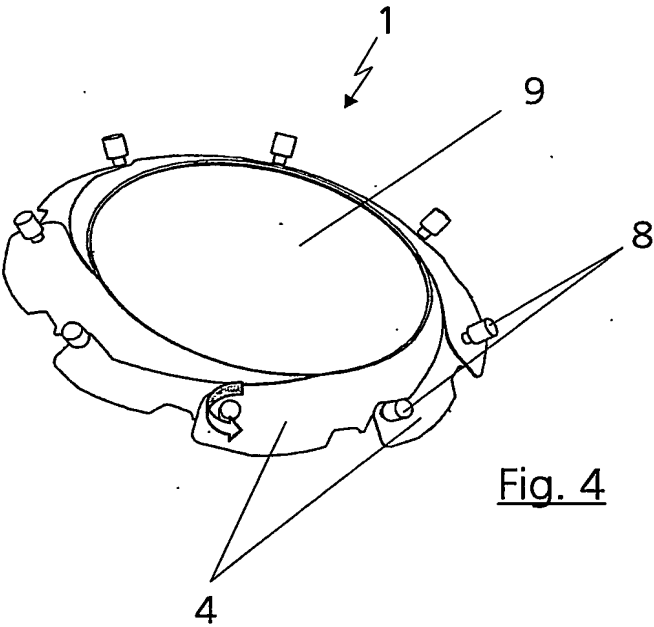
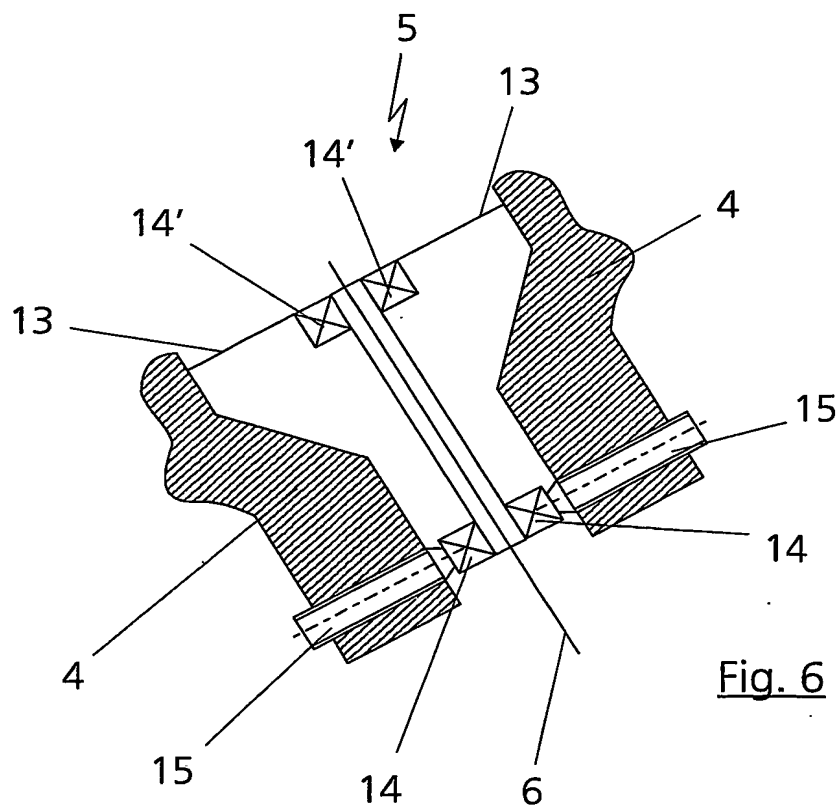
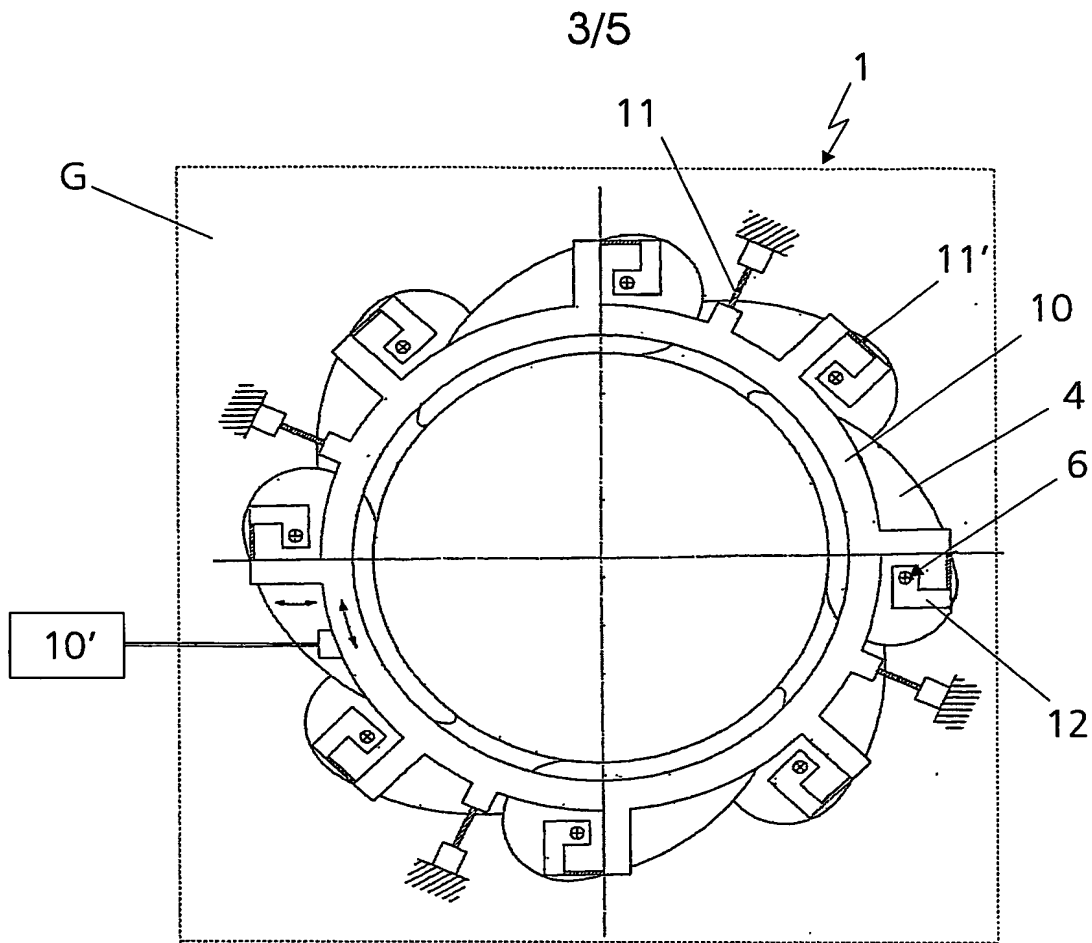


Fig. 4



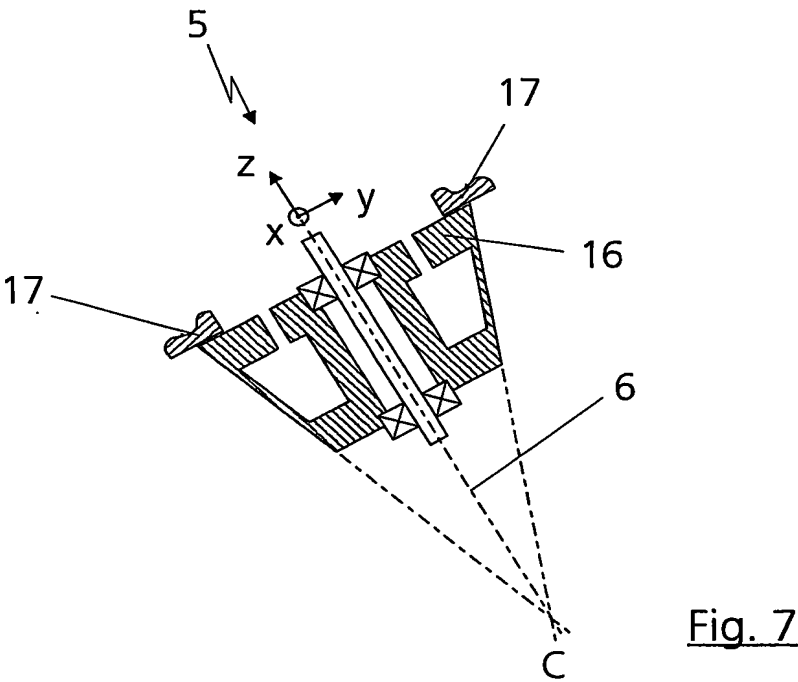


Fig. 7

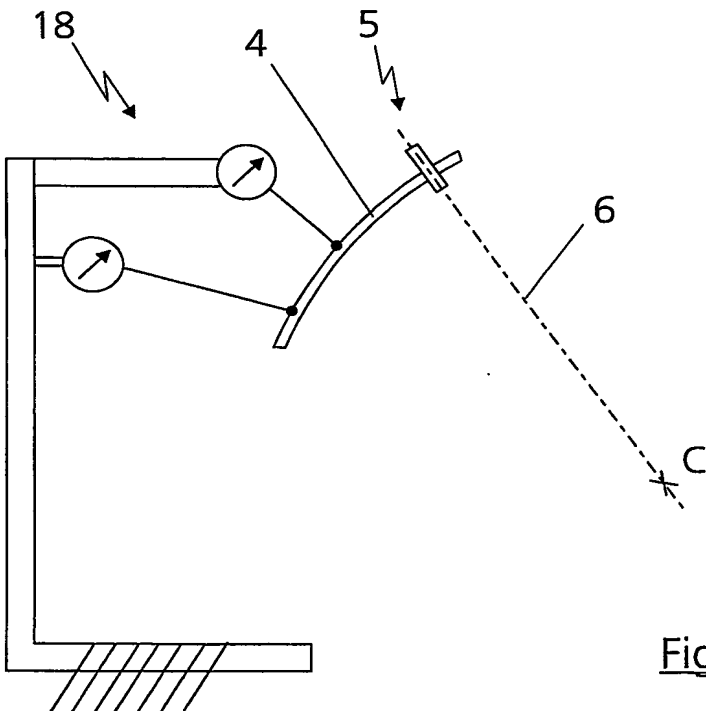


Fig. 8

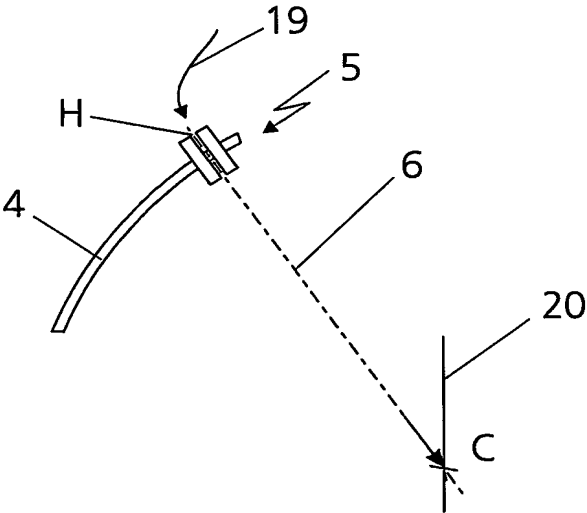


Fig. 9

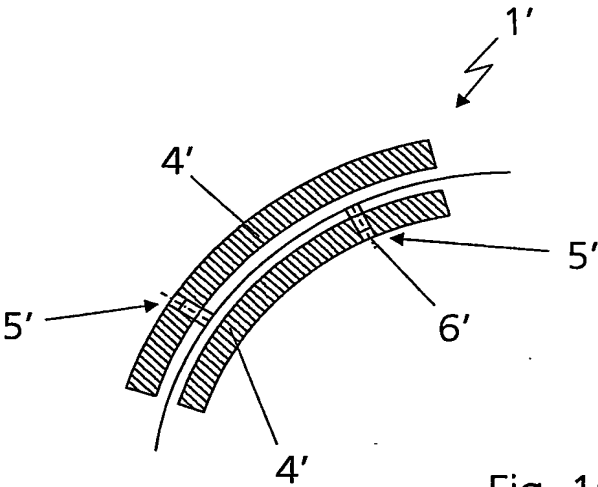


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/007186

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 199 55 984 A (ZEISS CARL) 23 May 2001 (2001-05-23) cited in the application	1-5
A	abstract column 6, line 35 - line 65 column 3, line 36 - column 4, line 14 figures 1,3	6-18
X	US 4 027 167 A (POLLERMANN MAX) 31 May 1977 (1977-05-31)	19-21
Y	abstract column 8, line 21 - column 9, line 54 claim 1 figures 1-3	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 October 2004

Date of mailing of the international search report

14/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schenke, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/007186

Patent document cited in search report			Publication date		Patent family member(s)		Publication date	
DE 19955984	A	23-05-2001	DE	19955984	A1		23-05-2001	
			EP	1102103	A2		23-05-2001	
			JP	2001154235	A		08-06-2001	
			TW	460707	B		21-10-2001	
			US	6445510	B1		03-09-2002	
<hr/>								
US 4027167	A	31-05-1977	DE	2431115	A1		15-01-1976	
			FR	2276667	A1		23-01-1976	
			GB	1510816	A		17-05-1978	
<hr/>								

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/007186

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02B5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 199 55 984 A (ZEISS CARL) 23. Mai 2001 (2001-05-23) in der Anmeldung erwähnt	1-5
A	Zusammenfassung Spalte 6, Zeile 35 - Zeile 65 Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 14 Abbildungen 1,3	6-18
X	US 4 027 167 A (POLLERMANN MAX) 31. Mai 1977 (1977-05-31)	19-21
Y	Zusammenfassung Spalte 8, Zeile 21 - Spalte 9, Zeile 54 Anspruch 1 Abbildungen 1-3	1-5

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/10/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schenke, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/007186

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19955984	A	23-05-2001	DE	19955984	A1	23-05-2001
			EP	1102103	A2	23-05-2001
			JP	2001154235	A	08-06-2001
			TW	460707	B	21-10-2001
			US	6445510	B1	03-09-2002
US 4027167	A	31-05-1977	DE	2431115	A1	15-01-1976
			FR	2276667	A1	23-01-1976
			GB	1510816	A	17-05-1978